

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ВИД ИЗЛОМА УДАРНЫХ ОБРАЗЦОВ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ ТИПА 06Г2МБТ

Акопов А.Ф., Пьянкова А.А.

Руководители проф., д.т.н. Фарбер В.М., к.т.н. Селиванова О.В.
УрФУ имени первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,
sov23@mail.ru

В работе исследованы образцы Шарпи низкоуглеродистых трубных сталей типа 06Г2МБТ после контролируемой прокатки и ускоренного охлаждения и термической обработки по различным режимам.

На основе литературных данных и результатов собственных экспериментов проведен анализ поверхностей разрушения, изучено влияние температуры нагрева на уровень ударной вязкости стали и вид поверхности излома.

В работе исследованы образцы сталей, вырезанные из труб различных производителей. Трубы изготовлены по специальной технологии, включающей контролируемую прокатку и ускоренное охлаждение [1]. Плавочный состав исследуемых сталей приведён в таблице 1

Таблица 1 Химический состав сталей, масс. %

Сталь	Содержание химических элементов, масс. %											
	C	Mn	Si	S	P	V	Nb	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo
1	0,08	1,85	0,39	0,001	0,013	0,02	0,05	0,02	0,17	0,22	0,19	0,13
2	0,05	1,87	0,1	0,004	0,007	-	0,024	0,02	0,49	0,63	0,26	0,01
3	0,05	1,81	0,2	0,0008	0,014	0,008	0,054	0,017	0,02	0,22	0,24	0,35

Образцы сталей исследовались в состоянии после контролируемой прокатки и ускоренного охлаждения. Для сталей 1,2 проводилась термическая обработка по следующим режимам :

1. $t_n = 150, 250, 350, 450, 550, 680, 730, 750, 800$ °C, $\tau_{\text{выд}} = 30$ мин, на воздухе.
2. $t_n = 750, 800$ °C, $\tau_{\text{выд}} = 30$ мин, с охлаждением воде и на воздухе
3. Закалка на $t = 860$ °C
4. Закалка на $t = 860$ °C с последующей изотермической выдержкой при $t = 680$ °C, $\tau_{\text{выд}} = 2, 5$ и 10 мин.

На поверхности изломов образцов Шарпи обнаруживались следующие зоны (рис.1): зона, примыкающая к надрезу величиной Θ ; однородная зона вязкого разрушения L_C ; волокнистая (слоистая) зона вязкого разрушения (L_B);– зона долома (L_D); губы среза (λ).

На поверхности излома наблюдаются вторичные трещины, которые называются расщеплениями (РЩ), располагающиеся преимущественно в волокнистой зоне L_B .

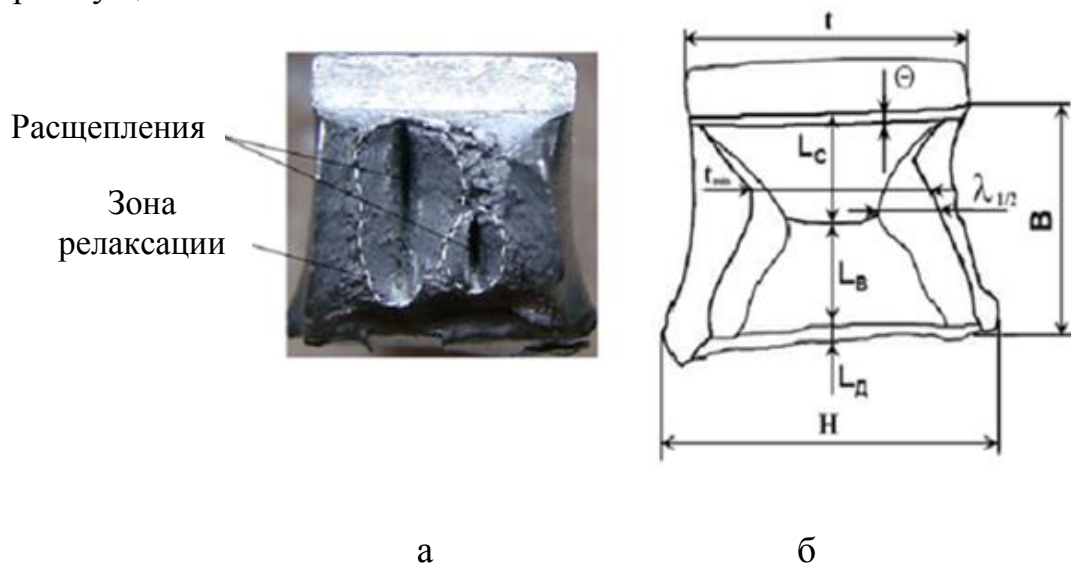


Рис1. Поверхность разрушения ударного образца, $\times 5$ (а) и схема расположения отдельных зон в изломе (б).

Оценивались следующие характеристики РЩ: длина ($l_{рщ}$); ширина ($b_{рщ}$); расстояние между ними (a); площадь, занимаемая ими на поверхности излома $S_{рщ}$; степень пластической деформации после испытания ε_t (сужение); степень пластической деформации после испытания ε_H (расширение);

Все исследуемые стали обладают высоким уровнем ударной вязкости ($KCV = 3,5 \text{ МДж/м}^2$) до $t_{исп} = -20^\circ\text{C}$ (рис.2).

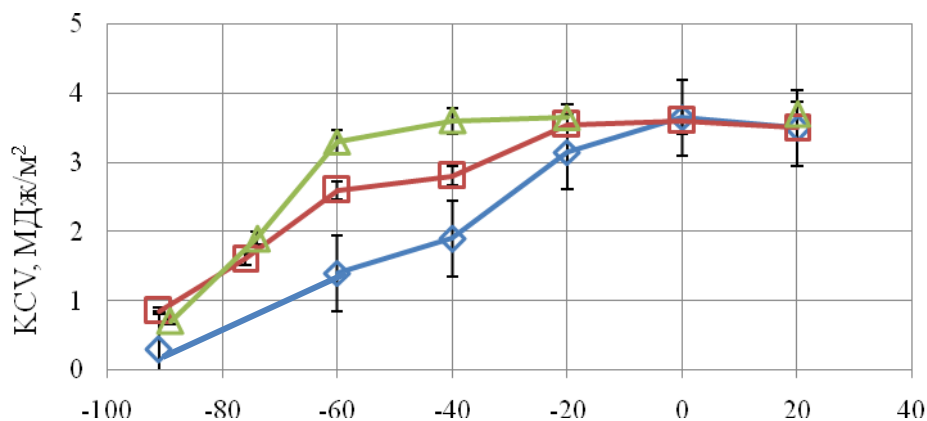


Рис.2 Сериальные кривые ударной вязкости исследуемых $t_{исп}, ^\circ\text{C}$

\square – сталь 1 ; \diamond – сталь 2; Δ – сталь 3;

Значению ударной вязкости ($KCV > 2,2 \text{ МДж/м}^2$), соответствуют размеры зон: $L_c = 2,5 \dots 0,9 \text{ мм}$, $L_b = 2,5 \dots 6 \text{ мм}$, $\lambda = 0,6 \dots 0,8 \text{ мм}$. При уровне ударной вязкости менее $1,5 \text{ МДж/м}^2$, обнаруживается уменьшение размеров зон: L_c до $0,7 \text{ мм}$, λ до $0,3 \text{ мм}$, ε_t менее $0,15$, а величина зоны L_b увеличивается и составляет 7 мм .

После закалки сталей 1 и 2 от $t_n = 860$ °С уровень ударной вязкости составляет порядка 2 МДж/м². После обработки ($t_n = 860$ °С, $t_n = 680$ °С, $\tau_n = 2,5, 10$ мин) наблюдается падение ударной вязкости до 1,46...0,8 МДж/м² во всем интервале температур испытаний. На поверхностях разрушений всех образцов сталей отсутствуют РЩ, но наблюдаются зоны: λ , L_c , L_b , L_d , ε_t , ε_n . После закалки сохраняется высокий уровень ударной вязкости ($KCV^{40} = 2,55...2,2$ МДж/м²), которому соответствуют размеры зон: $L_c = 1,9...0,5$ мм, $L_b = 3,8...6,6$ мм, $\lambda = 1,3...1$ мм, во всем интервале температур испытаний.

После изотермической выдержки $\tau_n = 2,5$ и 10 мин в сталях 1 и 2 значения ударной вязкости изменяются от 2,3...1,09 МДж/м², что соответствует размерам зон: $L_c = 1,8...1,2$ мм, $L_b = 3,3...5,6$ мм, $\lambda = 1,3...0,6$ мм в интервале температур испытания от минус 20 до минус 40 °С. При снижении ударной вязкости от 0,95 до 0,5 МДж/м², размеры зон уменьшаются: $L_c = 0,9...0,1$ мм, $\lambda = 0,4...0,3$ мм, $L_d = 0,8...0,2$ мм, при этом величина зоны L_b увеличивается и составляет 7,4 мм.

В образцах Шарпи сталей 1,2 после нагрева в интервал температур от 150 до 680 °С размеры зон L_c и L_d изменяются от 2,1 ... 1,0 мм, величина зоны λ от 0,8 до 0,6 мм, в образцах, нагретых до 730 °С, размер зон уменьшается до 0,3 мм, при этом размера зоны L_b увеличивается от 5,5 до 6 мм.

Термическая обработка в верхней части межкритического интервала температур ($t_n = 800$ °С) сталей 1 и 2 приводит к $KCV^{20} = 1,7$ МДж/м². При нагреве на 800 °С, обнаруживается влияние условий охлаждения на уровень KCV. Ударная вязкость составила 2 и 1,7 МДж/м² при охлаждение в воде и воздухе, соответственно. При нагреве на $t_n = 750$ °С формируется уровень ударной вязкости порядка 1,7 и 1 МДж/м² в сталях 1 и 2 соответственно. При этом не обнаруживается влияния скорости охлаждения на уровень KCV.

Во всем интервале температур испытаний в сталях 1,3 после контролируемой прокатки и ускоренного охлаждения на поверхностях разрушения наблюдаются РЩ, вокруг которых расположена область релаксации (ОР). В стали 2 вторичные трещины появляются при $t_{исп} = -60$ °С. С понижением $t_{исп}$ (от -40 до -60 °С) количество РЩ в сталях 1, 3 увеличивается, за счет появления на поверхностях разрушения мелких расщеплений, при этом отмечается уменьшение площади ОР.

Параметры излома ($l_{рщ}$, $b_{рщ}$, $n_{рщ}$, $\rho_{рщ}$, $S_{рщ}$, $S_{ор}$, S_{Lb}) образцов Шарпи для сталей 1 и 2, нагретых в диапазон температур от 150 до 680 °С, остаются на одинаковом уровне порядка 2,7 МДж/м². При $t_n = 730$ °С на поверхности разрушения обеих сталей отсутствуют РЩ, наблюдаются вырывы.

Установлено, что нагрев образцов Шарпи сталей 1, 2 вплоть до 680 °С не снижает уровень ударной вязкости ($KCV^{40} = 3,19...2,2$ МДж/м²) во всех исследуемых сталях, по сравнению с исходным состоянием ($KCV = 3,18$ МДж/м²). Дальнейшее повышение температуры нагрева (730 °С) приводит к снижению KCV^{40} до 0,7 и 0,5 МДж/м² в сталях 1 и 2, соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Эфрон Л. И. Разработка и промышленное опробование технологии производство широкоформатного листа для труб диаметром 1420 мм на стане 5000 ОАО «Северсталь» /Л.И. Эфрон, В.И. Ильинский, А.В. Голованов, А.М. Ламухин М.: Metallurg. 2003, №6, 49-51 с.